

## F3390 Výroba mikro a nanostruktur / 2018

### Otázky ke zkoušce - Lekce 1 až 6

#### Lekce 1

1. Uveďte tři základní, na sebe navazující kroky při mikro-obrábění.
2. Čím se liší třída MGS a EGS křemíku a která z nich je vhodnější pro výrobu křemíkových monokrystalů?
3. Jakým způsobem zabezpečíme při Czochralského metodě růstu monokrystalů zvětšování průměru tažného prutu (ingotu) z původně malého krystalizačního jádra?
4. Vyjmenujte tři různé techniky pro růst monokrystalů.
5. Co znamená tvrzení, že vnitřní struktura skla nemá translační symetrii?
6. Jaký je princip výroby deskového skla metodou plavení (*float*)?
7. Odkud pochází materiál, který při výpalu keramiky vyplňuje mezipráškové póry a jak se tento děj jmenuje?
8. Popište charakteristickou mikrostrukturu sklokeramických materiálů?
9. Podle jakého kritéria jsme rozdělili tvorbu vrstev na hrubé a tenké?
10. Při *spin-coatingu*, jaký vliv na tloušťku vrstev bude mít zvýšení otáček odstředivky a zvýšení viskozity nanášené látky?
11. Je možné nanášet *sol-gel* vrstvy metodou *dip-coating*?
12. Jak se podle polarit nazývá elektroda, na které dochází k redukci iontů z elektrolytu? Způsobuje tato redukce zvětšování tloušťky elektrody (depozici) nebo její ubírání (leptání).
13. Jak se nazývá proces elektrochemického pokovení elektricky nevodivých materiálů? Atomy kterého prvku se při něm typicky používají jako katalyzátor?
14. Která z metod je vhodná pro přímé vytvoření strukturované vrstvy: *spin-coating*, *dip-coating* nebo sítotisk?

#### Lekce 2

1. V jakém skupenství se nachází reaktanty přiváděné do CVD reaktoru. Zůstanou v tomto skupenství v průběhu celého procesu CVD?
2. Co musí platit pro změnu volné Gibbsovy energie  $G$ , aby byla chemická přeměna (reakce) spontánní?

3. Napište Gibsovu-Helmholtzovu rovnici pro závislost změnu volné Gibbsovy energie od změny entalpie a změny entropie. Pro jaké kombinace  $\Delta H$  a  $\Delta S$  bude chemická přeměna (reakce) spontánní?
4. Je možné uskutečnit CVD pouze s jediným prekurzorem? Jak?
5. K čemu slouží Ellinghamův diagram?
6. Jakým způsobem je možno snížit teplotu CVD procesu danou bilancí volné Gibbsovy energie?
7. Jaký je rozdíl mezi CVD a ALD? Která metoda lépe kopíruje morfologii povrchu?
8. Jaký vzájemný vztah musí platit mezi prekurzory A a B při depozici metodou ALD?
9. Pro ALD proces načrtněte průběh závislosti rychlosti depozice od teploty a vyznačte v něm tzv. ALD okno.
10. Čím se reguluje efuzní tok z Knudseny cely při MBE?
11. Při epitaxi molekulárních svazků (MBE) se používá vysoké, nebo nízké vakuum?
12. Když chceme připravit materiál s ideální krystalickou strukturou s minimem defektů, které metody (stačí 2) by bylo vhodné použít.
13. Čím se liší mechanismus uvolňování zdrojového (deponovaného) materiálu při napařování a při naprašování?

### Lekce 3

1. Napište názvy všech tří druhů van der Waalsových interakcí. Jsou tyto interakce přitažlivé nebo odpudivé?
2. Načrtněte průběh Lennard-Jonesova potenciálu. Vyznačte, která část jeho průběhu odpovídá přitažlivým, která odpudivým silám a kde se nachází rovnovážní poloha, kde je celková působící síla nulová.
3. Která z interakcí neutrálně se vyznačuje větší přitažlivou silou: molekula-molekula nebo molekula-povrch?
4. Která poloha na atomárním povrchu pevné látky bude pro adsorbovaný atom termodynamiky výhodnější: na terase, kde na terasovém schodku?
5. Který z procesů umožňuje pohyb adsorbované částice po povrchu: fyzisorpce nebo chemisorpce?
6. Co popisuje Langmuirova adsorpční izoterma a kterou termodynamickou veličinu nám znalost jejího tvaru umožňuje určit?

7. Uveďte názvy dvou možných dějů, vedoucích ke změně geometrického uspořádání povrchových atomů krystalu, jestliže tento rozřežeme podél některé jeho krystalografické roviny?
8. Je uspořádání kvantových energiových stavů povrchových atomů krystalu shodné s energiovými stavy v objemu krystalu?
9. Jakou veličinu získáváme měřicí technikou tzv. ležící kapky, kdy se určuje kontaktní úhel malé kapky známé kapaliny položené na neznámý rovný povrch? Jaká je fyzikální jednotka této veličiny?
10. Která z termodynamických veličin se sníží při adsorpci molekuly na povrch, a naopak se zvýší, jestliže adsorbovaná molekula disociuje?
11. Jaké jsou nejčastější kontaminanty čistých povrchů, které jsme vystavili prostředí atmosféry v běžné laboratoři (stačí 2).
12. Platí pro iontové bombardování adsorpční izotermy. Pokud ne tak proč?

#### Lekce 4

1. Jaké jsou základní 4 kroky optické litografie?
2. Co se stane z rozlišením optické litografie když (a) zmenšíme vlnovou délku použitého světla, (b) zmenšíme numerickou aperturu optické projekční sestavy?
3. Jmenujte tři různé typy zdrojů extrémního UV záření (tzn. měkkého RTG záření) využívaných při optické litografii.
4. Jaký typ optiky se využívá při EUV? Proč?
5. Která z následujících technik umožňuje projekci zmenšené masky: EUV nebo RTG?
6. Jaký nežádoucí vliv mají Augerovské elektrony při RTG litografii?
7. Popište princip imerzní optické litografie?
8. Na který parametr projekční litografické sestavy je nezbytné brát zřetel při zohlednění nedokonalé rovinnosti velkých waferů a nenulové tloušťky fotorezistu?
9. Popište princip techniky OPC – *optical proximity correction*.
10. Který materiál se jako první začal využívat (a stále běžně využívá) jako rezist pro elektronovou litografii?
11. Která z možností fokusování nabitých svazků (elektrickým polem nebo magnetickým polem) je nezávislá na velikosti náboje a hmotnosti částice a je proto vhodnější pro fokusování iontů?
12. Popište princip činnosti LMIS – *Liquid metal ion source*.

13. Co popisuje tzv. *point spread function* - PSF?
14. Jaký je princip tzv. bezmaskové litografie? Co je hlavní překážkou pro její širší průmyslové uplatnění?

## Lekce 5

1. Dosahuje rozlišení litografických technik metodami sond (STM, AFM, NSOM) stejnou úroveň jakou disponuje rozlišení při jejich využití v mikroskopii?
2. Co znamená pojem selektivnost leptání?
3. Který typ leptání se vyznačuje kolmými stěnami: izotropní nebo anizotropní? Je možné dosáhnout kolmých stěn i mokřím leptáním, a pokud ano, jak?
4. Na co slouží tvrdá maska (*hard mask*)?
5. Co mají, z pohledu připojení k elektrodám, společné elektrochemické leptání a elektroleštění?
6. Jak se nazývá elektroda plazmového reaktoru, na kterou klademe leptaný substrát?
7. Jaká jsou pozitiva a negativa zvyšování RF příkonu v RIE plazmovém reaktoru?
8. Jaká jsou pozitiva (stačí 2) a negativa (stačí 1) snižování pracovního tlaku v RIE plazmovém reaktoru?
9. Čím může být způsobena menší hloubka leptaných profilů s oblastech s vysokou hustotou leptaného motivu v porovnání s oblastmi s nízkou hustotou leptaného motivu?
10. Popište techniku DRIE tzv. procesem Bosch.
11. Co je to iontové frézování? Jakými dvěma praktickými problémy se vyznačuje?
12. Jaký je rozdíl mezi broušením a leštěním povrchu?
13. Jak se nazývá proces plnění dutin obětního materiálu kovem s následnou planarizací (leštěním) povrchu?
14. Co mají z chemického pohledu společné spoj při fúzním a anodickém spojování křemíku?

## Lekce 6

1. Jaký typ krystalického růstu je potřebný pro vznik 1D struktur? Izotropní nebo anizotropní?
2. Uveďte aspoň jeden způsob, kterým je možné přivést roztok do přesyceného (supersaturovaného) stavu.

3. Uveďte dva různé způsoby, kterými lze vyrobit porézní membrány pro šablonovou syntézu 1D struktur.
4. Jaký je princip mechanismus účinku tzv. pasivačního (*capping*) reagentu při syntéze 1D struktur?
5. Jmenujte dva polymery, pro které je typické zvlákňování z taveniny.
6. Jak se nazývá technika výroby jemných vláken z polymerní taveniny intenzivním vyfukováním z trysky bez následného dloužení?
7. Jak vzniká Taylorův kužel? Které dvě síly jsou příčinou jeho vzniku?
8. Jmenujte tři základní části, ze kterých je sestaven systém na elektrostatické zvlákňování.
9. Jaká speciální vlastnost musí platit pro rozpouštědlo vláknotvorného elektrolytu při elektrostatické zvlákňování?
10. Jakou výhodu přináší elektrostatické zvlákňování z volné hladiny, používané např. v zařízení *Nanospider*?
11. Jsou vlákna vytvořená elektrostatickým zvlákňováním orientovaná nebo neorientovaná.
12. Za jakých podmínek lze při elektrostatickém zvlákňování pozorovat vznik perliček?
13. K čemu dochází při elektrostatickém zvlákňování silně zředěných roztoků, resp. bez přítomnosti polymerní složky?
14. Uveďte aspoň 2 podmínky, za kterých lze pozorovat vznik nanopórů na povrchu nanovláken při elektrostatickém zvlákňování?